

University of Groningen

The Impact of neutral hydrogen on the current evolution of early-type galaxies

Yildiz, Mustafa

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2017

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Yildiz, M. (2017). *The Impact of neutral hydrogen on the current evolution of early-type galaxies*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Özet

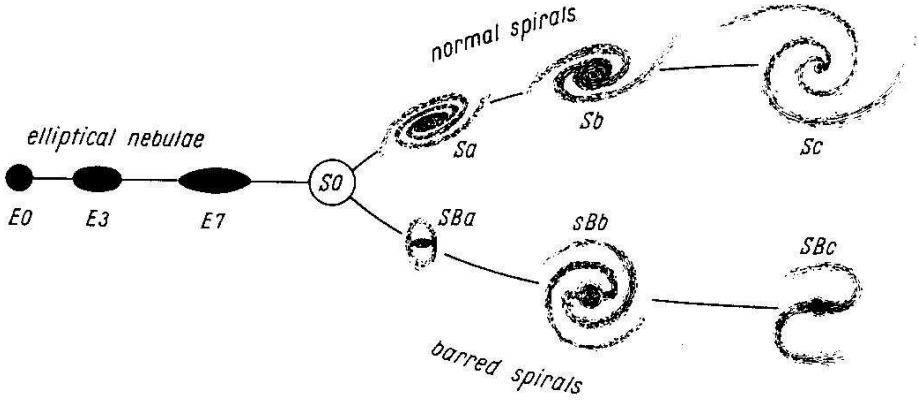
*“Cömertlik ve yardım etmede akarsu gibi ol;
Şefkat ve merhamette güneş gibi ol;
Başkalarının kusurunu örtmede gece gibi ol;
Hiddet ve asabiyette ölü gibi ol;
Tevazu ve alçak gönüllükte toprak gibi ol;
Hoşgörülükte deniz gibi ol;
Ya olduğun gibi görün, ya görüldüğün gibi ol.”*

— Mevlana C. Rumi (1207-1273)

insan oğlu daima hayatlarındaki herşeyi sınıflandırma eğilimindedirler. Bu bir bebeğin parmağını emmesi gibi çok doğal ve temel bir eylemdir. Bazen insanlar herhangi bir hedefi olmadan sınıflandırma yaparlar. Ancak bilim ve bilimsel düşünmenin sayesinde, sınıflandırmalar bilgimizi, evreni ve içinde bulunan yaşamı anlamamızı geliştirmek için yapılmaktadır.

Görünür ışık, astronomlar için 17. yüzyıla kadar tek araç olmuştur. Gözlemlenen ışığın kaynakları neredeyse tamamen aynı oldukları için, bu kaynakların sınıflandırılması, evrenin işleyiş mekanizmasını anlamamız için çok önemlidir. Astronomlar, 17. yüzyılda teleskop kullanımıyla birlikte yıldızlardan farklı olan yeni bir tür kaynak keşfettiler. Yeni keşfedilen bu cisimlere “Nebula” adı verildi. Bu isim yaygın olarak gözlemlenen tüm cisimler için, nokta olarak gözlemlenen yıldızlardan ayırmak amaçlı verilmiştir. 18. yüzyıl boyunca Charles Messier ve William Herschel gibi astronomlar binlerce nebula'nın gözlemini yapıp, kataloglar hazırlamışlardır. O zamanlarda bu objelerin, bizimde içinde yaşadığımız Samanyolu galaksimizin içine yer aldıkları düşünülmüştür. 20. yüzyılın başlarında Vesto Slipher, Edwin Hubble ve diğer astronomlar tarafından galaksilerin gerçek doğası keşfedilmeden önce, spiral galaksi olarak isimlendirdiğimiz objeler spiral nebula olarak anılmışlardır (örneğin, Andromeda Nebulası).

1936 yılında Hubble, “Realm of the Nebulae” isimli kitabında günümüzde diyapazon (çatal) diyagramı olarak bilinen bir sınıflandırma şeması yayınlamıştır



Figuur Özet .1 – Hubble’ın, 1936 yılında *Realm of the Nebulae* kitabında yayınladığı diyapazon diyagramının orijinal şekli.

(Bakınız, Şekil 1). Galaksiler bu diyapazon diyagramında, eliptik ve spiral galaksiler olmak üzere iki gözlemsel gruba ayrılmışlardır. Hubble sonradan bir varsayımsal grup eklemiştir: mercekli galaksiler (Şekil 1’de S0 olarak gösterilen galaksiler). Günümüzde spiral galaksiler, geç-tür galaksiler olarak etiketlenirken, eliptik ve mercekli galaksiler beraberce erken-tür galaksi ailesinde bulunmaktadır. Bu galaksilerin hepsi, çekimsel olarak birbirine bağlı yıldızlar, gaz ve toz yapılarından oluşan sistemlerdir. Galaksiler bizim yıldızımız olan Güneş benzeri milyarlarca yıldız içerirler. Bunun yanında, galaksilerin boyutları muazzam ölçekte büyüktür ve bu sebepten, bu galaksilerde bulunan yıldızların arasındaki mesafeler de uçsuz bucaksızdır. Basit bir örnek bu kavramların anlaşılmasına yardımcı olabilir: Samanyolu galaksisinin boyutları, Güneş ile Dünya arasındaki mesafeden 6 milyar kat daha fazladır (Dünya, Güneş’ten 1 astronomi birimi yani 150 milyon kilometre uzaktadır)!

Bir galaksi içerisindeki yıldızların arasındaki uzay, ilk bakışta tamamen boş olarak görülsede, astronomlar bu ortamın tamamen gaz, molekül ve toz gibi maddeler ile dolu olduğunu keşfetmişlerdir. Bu maddelerin tamamı “Yıldızlar arası madde” (YAM) olarak isimlendirilmiştir. YAM sadece bir galaksinin içindeki boşluğu doldurmaz, zamanla içerisinde bulunduğu galaksiyi çevreleyen galaksiler arası ortama da karışır. YAM içindeki madde değişik durum (iyon, atomik ya da molekül), sıcaklık ve yoğunluklarda bulunur. YAM içerisinde bulunan baskın madde gazdır (\sim % 99), ve geri kalan kısım (% 1) ise toz yapısından oluşmaktadır. YAM içerisindeki gazın ise kütsel olarak % 70’i Hidrojen, % 28’i Helyum, ve kalanı ise bu ikisinden daha ağır olan elementlerdir. Astronomlar “metal” kelimesini genel bir terim olarak hidrojen ve helyum dışındaki tüm elementler için kullanırlar. YAM içindeki gaz bizim gezegenimizin şartlarına göre çok seyrek. Örneğin, moleküllerin olduğu YAM’ın en sıkışık bölgelerinin yoğunluğu (1 santimetre küplük alanda 1 milyon molekül), deniz

seviyesindeki havanın yoğunluğundan on bin kat daha düşüktür; YAM'ın seyrek bölgelerinde ise yoğunluk 1 santimetre küplük alanda 1 atom olacak kadar az olabilir!

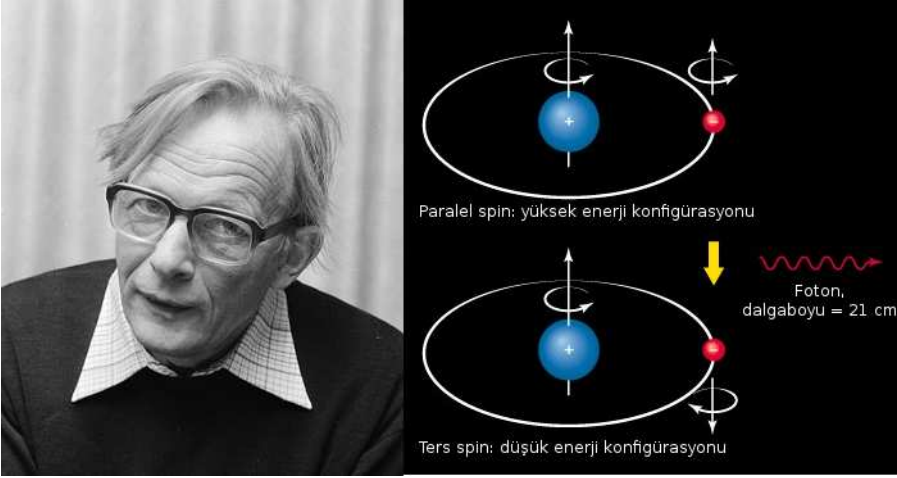
YAM'daki gazın çok seyrek olmasına rağmen, yıldızlar arasındaki mesafe muazzam olduğundan, buradaki toplam madde miktarı yeni yıldız oluşumuna yetebilir. Yıldızlar, genellikle Hidrojenden oluşan serin gaz kesimlerinin içinde gömülmüş, YAM'ın en yoğun bölgeleri olan dev molekül bulutlarında oluşurlar. Oluşum süreci boyunca yıldızlar, doğum yerlerindeki tüm gazı tüketirler, daha sonra, evrimleri sebebiyle tükettikleri gazı (hidrojen ve daha ağır elementler olarak) yeniden üretirler. Milyarlarca yıl sonra yıldızların evrimi sona gelir ve atmosferlerinde bulunan tüm maddeyi ve enerjiyi, süpernova ya da gezegenimsi bulutsu şeklinde, uzaya fırlatarak hayatlarını kaybederler.

Sonuç olarak, YAM'ın tartışmasız hakimi ve evrende en çok bulunan element olan Hidrojen, yıldızların hayat döngüsünde ve böylelikle galaksilerin evriminde çok önemli bir rol oynar.

1944 yılında Hollandalı bir astronom olan Hendrik van de Hulst, nötral hidrojenin (HI), atom yapısından dolayı 1420.4058 MHz frekansında (21 cm boyunda) bir ısıma yayabileceğini tahmin etmiştir. Şekil 2'de gösterilen, en basit formdaki hidrojen atomu, elektronun dönüş yönünün merkezdeki protonun dönüş yönüyle aynı olup olmadığına bağlı olarak, iki hiper-ince enerji seviyesine sahiptir. van de Hulst aynı zamanda 21 cm çizgi ışımasının yıldızlar arası uzayda gözlemlenebileceğini iddia etmiştir. İkinci Dünya Savaşından sonra Amerika Birleşik Devletleri ve Hollanda'da bulunan bilim adamları bu çizgi ışımasının bulunması için çalışmalar başlatmışlardır. Maalesef, Hollanda ekibi bir kaza sonucu alıcılarının yanması sebebiyle çalışmalarını uzun bir süre ertelemek zorunda kalmışlardır. 21 cm çizgi ışımasının keşfi, 1951 yılında, Harvard üniversitesinde bulunan Ewen ve Purcell isimli bilim adamları tarafından gerçekleştirilmiştir. Birkaç hafta içinde bu keşif, Hollanda'da Muller ve Oort; Avustralya'da Christiansen and Hindman tarafından yapılan gözlemlerle doğrulanmıştır. Ewen ve Purcell tarafından 21 cm çizgi ışımasının keşfi için kullanılan boynuz anteni Batı Virjinya, Greenbank'da bulunan Ulusal Radyo Astronomi Gözlemevinde sergilenmektedir. 1950'li yıllarda oluşturulan Samanyolu galaksimizin ilk HI haritası spiral şekiller göstermiş böylece galaksimizin Spiral galaksi ailesinin bir üyesi olduğu anlaşılmıştır.

HI gözlemlerinin radyo frekanslarında yapılabileceğinin keşfedilmesinden sonra, astronomlar bu elemetin galaksi evrimi üzerindeki etkilerini anlayabilmek için Samanyolu dışında bulunan galaksileri gözlemlemeye başlamışlardır. Bu gözlemler göstermiştir ki bizim galaksimiz gibi olan Spiral galaksiler (Şekil 1'in sağ tarafındakiler) çok fazla miktarda HI içerirken, erken-tür galaksiler (Şekil 1'in sol tarafındakiler) çok az miktarda veya hiç HI içermezler.

Son zamanlara kadar astronomlar erken-tür galaksilerin neredeyse hiç gaz ve toz içermediği ve aktivite göstermeyen, basit sistemler olduklarını düşündüler. Bu galaksiler "Kırmızı ve Ölü" galaksiler olarak isimlendirilmiştir.



Figuur Özet .2 – *Sol:* Hendrik C. van de Hulst (19 Kasım 1918 - 31 Temmuz 2000). 21 cm çizgi ışımasının varlığını tahmin eden Hollandalı astronom. *Sağ:* 21 cm çizgi ışıması için şekilsel bir görsel.

Ancak biliyoruz ki önceden çizilen bu resim günümüzde yapılan araştırma sonuçlarıyla tutarlılık göstermiyor ve bu tür galaksiler aslında çok daha karmaşık sistemlerdir. Erken-tür galaksiler, spiral galaksilerle yapısal bazı benzerlikler gösterirler. Bu galaksiler yıldız disk yapısı içerirler ve bu diskler optik yapılarından çok daha uzaklara genişleyebilirler. Farklı durum ve sıcaklıklardaki, çok sıcak iyonlaşmıştan, soğuk atomik yapıya kadar toz ve gaz yapıları bu tür galaksilerin içerisinde bulunur. Ancak, bu gaz rezervuarlarının yeni yıldızlara dönüştürülmesindeki etkinlik spiral galaksilerde olduğundan daha düşüktür.

Nötral hidrojen (HI), yıldız oluşumu ve toz arasındaki ilişkinin erken-tür galaksilerde çalışılması, günümüz yıldızlar arası ortam ve galaksi evrimleri bulmacasının büyük bir parçasını çözecektir. Bu doktora tezinde *kırmızı ve ölü* olan erken-tür galaksilerin günümüzdeki evrimleri, ve özellikle HI gazının bu evrime olan etkilerini inceledim ve bu galaksilerin aslında kırmızı ve ölü olmadıklarını tespit ettim. Doktora tezim, birbirleriyle ilişkili 3 bilimsel bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerin sonuçlarını kısaca aşağıda tartışacağım.

Bu doktora tezi

Bölüm 1- Örnek çalışma

Bazı çalışmalar göstermiştir ki erken-tür galaksiler merkezleri etrafında dönen çok geniş çaplı gaz disk yapıları barındırabilirler. Örnek bir çalışma

olarak, büyük bir HI gaz rezervi olduğu bilinen bir erken-tür galaksi seçtim. Daha iyi bir çözünürlük elde edip, hidrojen gazının nasıl yayıldığı ve detaylarını inceleyebilmek için, NGC 4203 olarak katologlanmış bu galaksi önceki gözlemlerden çok daha uzun süre ile (yüzlerce saat) Hollanda'da bulunan *Westerbork Sentez Radyo Teleskop (WSRT)* ile gözlemlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda elde edilen galaksinin resmi tez kapağında kullanılmıştır. Bu galaksideki HI gaz rezervlerinin yıldız oluşumunu besleyip beslemediğini anlamak için son zamanlarda oluşan yıldızlara bakmamız gerekmektedir. Genç yıldızlar, genelde çok enerjetik fotonlar yayarlar ve bu sebepten mor-ötesi bölgede, atmosfer dışına gönderilen uydular yardımıyla gözlemlenebilirler. Bu gözlemler sayesinde bu genç yıldızların nerede doğdukları belirlenebilir. Ancak, bu yüksek enerjili fotonlar, ortamda bulunan toz nedeniyle emilip kırmızı-öte dalga boylarında tekrardan salınabilirler. Böylece, yüksek kalitede mor-ötesi, kırmızı-öte, optik ve radyo (HI) verileri içeren detaylı ve çok-dalgaboylu bir araştırma gerçekleştirdim. Bu çalışmada, NGC 4203 galaksisinin dış bölgelerindeki yıldız oluşumu ve HI kolon yoğunluğu¹ arasındaki ilişkiyi inceledim. Yapmış olduğum çalışmanın ayrıntıları bu doktora tezinin ikinci bölümünde verilmiştir. Bulunan temel sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- HI disk iki ayrı parçadan oluşmuştur: yıldız oluşumu gösteren iç halka ve dış disk.
- Dış HI disk, iç HI halkasından kütlece 9 kat daha ağırdır. Ancak, bu dış diskte bulunan HI gazı, iç halkaya nazaran çok daha geniş bir alana yayıldığından, bu gazın yoğunluğu aşırı derecede düşüktür.
- Yıldız oluşum miktarı HI disk ve halka bölgelerinde çok ciddi oranlarda değişiyor, hatta bu değişim aynı yoğunluklu bölgelerde bile gözlemlendi. Bu durumu açıklayabilecek olası sebeplerden biri bu bölgelerdeki metal miktarının farklılığıdır. İç halkadaki gaz yıldız evrimi süresince metal bakımından zenginleşmişken, dış diskte bulunan gaz, başka bir galaksiden ya da kendi etrafındaki metalce fakir ortamdan gelmiş olabilir.
- Muazzam ölçekte HI rezervine ve düşük-seviye yıldız oluşumuna sahip olmasına rağmen, çok yavaş bir disk büyümesi gösterdiği için NGC 4203 galaksisinin yapısı öngörülen bir gelecekte değişmeyecek.

Bölüm 2- Erken-tür galaksilerin dış bölgelerini gözlemlemek

Doktora tezimin üçüncü bölümünde, HI ve yıldız oluşumu arasındaki ilişkinin incelendiği galaksi örnek grubunu genişlettim. İlk yapılan çalışmadan farklı olarak, örnek erken-tür galaksilerin dış bölgelerinin renklerini de bu çalışmada inceledim. Bir galaksinin rengi o galakside bulunan yıldızların yaşları hakkında bilgi verebilir. Örneğin, eğer genç yıldızlar çoğunluktaysa galaksinin

¹Kolon yoğunluğu bir birim alandaki toplam birim madde, örneğin atom, sayısıdır.

rengi mavi olurken, yaşlı yıldızlar gençlerden fazla iseler galaksinin rengi kırmızı olur. Bir çok erken-tür galaksi gözlemlenebilir H I içermediğinden, H I-fakir kontrol grubu oluşturdum. Galaksiler, güneş sistemimizden yüz milyonlarca kez büyük olduğundan, bazı özellikler galaksi boyunca değişiklik gösterirler. Bu sebepten, çalışmamda kullandığım örnek grubun dış bölgelerini 1-3 ve 3-10 etkin yarıçap² olmak üzere iki parçaya ayırdım. Çalışmamızın temel sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Erken-tür galaksilerin dış bölgelerinde bulunan H I gazı, yıldız oluşumunu düşük bir etkinlikle besliyor. Bu yıldız oluşum etkinliği her ne kadar düşük olsa da, spiral galaksilerin dış bölgelerindeki etkinlik ile benzerlik gösteriyor.
- Merkezin ötesinde, H I-zengin erken tür galaksiler H I-fakir kontrol galaksilerinden UV-optik renklerinde daha mavidirler. Bazı uç erken-tür galaksilerin dış bölgelerinde gözlemlenen renkler, spiral galaksiler ile karşılaştırılabilecek seviyededirler. Bu, en yeni yıldız oluşumlarının H I gazının bulunduğu bölgelerde oluştuğunu gösterir.
- Düşük kolon yoğunluklu bölgelerdeki yıldız oluşum sürecinin galaksi türüne bağımlı olmadığı görülüyor.

Bölüm 3- Soğuk gaz ve toz: erken-tür galaksilerde spiral şekilli yapıların avlanması

Toz tanecikleri, yıldızlar arası ortamdaki kimyasal reaksiyon sahaları olarak tanımlanabilirler. Örneğin, moleküler hidrojen (H_2) bu toz taneciklerinin yüzeylerinde oluşabilirler. Yıldızlarda moleküler bulutlar içerisinde olduğundan, erken-tür galaksilerdeki toz büyük ihtimalle yakın zamanlı yıldız oluşumu ile bağlantılıdır.

Bir galaksinin herhangi bir bölgesinde bulunan toz varlığı, içerisinden geçen yıldız ışığı üzerinde yaptığı etkilerden tespit edilir. Bazı temel etkiler aşağıdaki gibidir:

- Uzak yıldızlardan gelen ışığın toz tarafından emilmesi ya da saçılması. Bu soğurma ve saçılma olayları birlikte sönümleme etkisi olarak bilinir.
- Mavi bantlardaki sönümleme, kırmızı bantlarda olduğundan daha kuvvetlidir: yıldız ışığında oluşan kızarma.

Toz tanecikleri sebebiyle meydana gelen sönümleme elektro-manyetik radyasyonun dalgaboyuna bağlı olduğundan, doktora tezimin dördüncü bölümünde, yakın erken-tür galaksilerdeki toz yapılarını gözlemleyebilmek için optik dalga-boylarındaki değişik renk bantlarını (g ve r) kullandım. Ayrıca, H I-zengin ve

² etkin yarıçap (R_{eff}) astronomların, sistemin toplam saldıgı ışımının yarısını kapsayan uzaklığı için, kullandığı bir terimdir.

H I-fakir erken tür galaksileri karşılaştırarak, H I varlığı ile toz varlığının arasında bir ilişki olup olmadığını araştırdım. Son olarak, bu erken-tür galaksilerdeki toz yapısını sınıflandırdım. Elde ettiğim sonuçlar aşağıda yer almaktadır.

- Tüm yakın H I-zengin erken-tür galaksiler toz yapıları gösterirlerken (çoğunlukla spiral şekilli), H I-fakir erken-tür galaksilerin yarısından biraz fazlası toz yapıları gösteriyorlar.
- H I-zengin erken-tür galaksilerdeki toz yapıları, H I-fakir erken-tür galaksilerdeki toz yapılarından iki kat daha geniştir.

Özetle, doktora tezimde, ilk defa, geniş H I rezervlerinin (yıldız oluşumu için potansiyel materyal) pasif olarak bilinen (yeni yıldız oluşumu olmayan) yakın erken-tür galaksilere olan etkilerini araştırdım. Doktora tezimde yer alan çalışmalarımı aşağıda sıralanmış maddeleri tespit ettim.

- Radyo teleskoplarla keşfedilmiş bazı yakın erken-tür galaksilerde bulunan geniş H I diskler önemli miktarlarda yıldız oluşumuna sahiptirler.
- Eğer gazın metal oranı değişirse, yıldız oluşum etkinliği çarpıcı bir şekilde değişir.
- Erken-tür galaksilerin H I bulunan dış bölgelerinde, gazın yeni yıldızlara dönüşmesi, spiral galaksilerin dış bölgelerindeki yıldız oluşumu ile benzer verimlilikte gerçekleşir.
- Göreceli olarak az miktardaki H I çok geniş bir alana yayıldığından, yeni yıldız oluşumları, gazın bulunduğu erken-tür galaksileri gözle görülür bir şekilde yakın bir zamanda değiştiremez; elbette bu galaksiler başka gazca zengin galaksilerle çarpışmadığı sürece.
- Ana yıldız gövdesinden çok uzaklara yayılmış H I varlığı, merkezi bölgelerde de hissedilir. Gerçekten de, dış bölgelerinde yüksek miktarda H I olan galaksiler, aynı zamanda merkezlerindeki yüksek miktarda toz yapıları ile karakterize edilmişlerdir. Bu durum, dış bölgelerdeki gazın galaksinin iç bölgelerini besleyebileceğini ve böylece yeni yıldız oluşumlarının olabileceğini gösterir.

